INSTRUMENTACION

2.5 ANEMÓMETRO.

El indicador de velocidad aerodinámica o anemómetro es el instrumento que indica la velocidad relativa del avión con respecto al aire en que se mueve. Normalmente muestra esta velocidad en millas terrestres por hora "m.p.h.", nudos "knots" (1 nudo=1 milla marítima por hora), o en ambas unidades.

Este instrumento es uno de los más importantes, quizá el que más, debido a que en casi todas las operaciones de vuelo el ingrediente común es el parámetro velocidad.

En los manuales de operación no hay casi ninguna maniobra que no refleje una velocidad a mantener, a no sobrepasar, recomendada, etc.. además de que la mayoría de los números, críticos y no tan críticos, con los que se pilota un avión se refieren a velocidades: velocidad de pérdida, de rotación, de mejor ascenso, de planeo, de crucero, de máximo alcance, de nunca exceder, etc..

Fig.2.5.1 - Anemómetro.

2.5.1 Principios de operación.

El anemómetro es en realidad y básicamente un medidor de presión, que transforma la presión diferencial en unidades de velocidad. La diferencia entre la presión total proporcionada por el tubo de pitot (**Pe**+**Pd**) y la presión estática (**Ps**) dada por las tomas estáticas, es la presión dinámica (**Pe**+**Pd**-**Pe**=**Pd**), que es proporcional a $\mathbf{1/2dv^2}$.

2.5.2 Construcción.

Similar a los otros instrumentos basados en las propiedades del aire, consta de una caja dentro de la cual hay una cápsula barométrica conectada, mediante varillas y engranajes, a una aguja indicadora.
La cápsula barométrica esta conectada a la toma de pitot, manteniendo en su interior la presión de impacto o total proporcionada por dicha toma, mientras que a través de un orificio en la caja se hace llegar a esta la presión existente en las tomas estáticas.
Esta diferencia de presión entre el interior y el exterior de la cápsula aneroide hace que esta se dilate o contraiga, movimiento que calibrado adecuadamente se transmite mediante varillas y engranajes a la aguja indicadora.

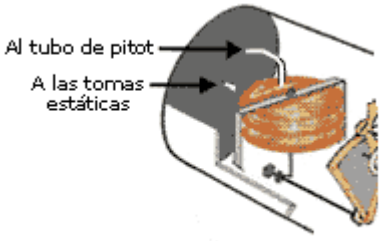

Fig.2.5.2 - Construcción anemómetro.

En el suelo y con el avión parado, la presión de impacto y la estática son iguales y por lo tanto este instrumento marcará cero. Pero con el avión en movimiento, en el suelo o en el aire, la presión de impacto será mayor que la presión en las tomas estáticas; esto hará que el diafragma del anemómetro se expanda según la diferencia entre ambas presiones y mueva la aguja del indicador en proporción a esta diferencia.
En la medida que el avión acelere o decelere, el aumento o disminución de la presión diferencial hará que la aguja indique el incremento o disminución de velocidad.

El frontal visible de este instrumento, consta básicamente de una esfera con una escala numerada, una aguja indicadora, y alrededor de la escala numerada unas franjas de colores. Algunos tienen además unas ventanillas graduadas y un botón giratorio de ajuste. más adelante, en este mismo capítulo, se explica el significado de esta escala de colores, y para que sirve y como se maneja el botón de ajuste.

2.5.3 Lectura del anemómetro.

La lectura del anemómetro es muy sencilla: una aguja marca directamente la velocidad relativa del avión en la escala del dial. Algunos anemómetros tiene dos escalas, una en m.p.h. y otra en nudos; se puede tomar como referencia una u otra, pero poniendo cuidado para no confundirse de escala. Por ejemplo, si queremos planear a 70 nudos y nos equivocamos de escala, planeamos realmente a 70 m.p.h., velocidad sensiblemente inferior a la deseada.

Conviene resaltar que el anemómetro mide la velocidad *relativa* del avión respecto al aire que lo rodea NO respecto al suelo. La velocidad respecto al suelo dependerá del viento en cara o en cola que tenga el avión, y de la velocidad de dicho viento. La velocidad indicada por el anemómetro se relaciona solo indirectamente con la velocidad del avión respecto al suelo.

Hay dos fenómenos que influyen en la medición del anemómetro: la densidad del aire y su velocidad. Una indicación de *x* nudos puede ser debida a una velocidad alta combinada con una baja densidad del aire, pero también puede ser indicada por una velocidad menor en un aire más denso. Esto debe ser tenido en cuenta para conocer la velocidad real, pero no en lo referente a las velocidades de maniobra; respecto a estas no es necesario hacer correcciones por densidad a distintas altitudes, el indicador lo hace por nosotros; fiemosnos del indicador de velocidad. Las velocidades de maniobra (pérdida, mayor ángulo de ascenso, rotación, etc.) se refieren a velocidades leídas en el anemómetro **.**

2.5.4 Nomenclatura de velocidades.

La mayoría de los manuales de operación utilizan una nomenclatura de velocidades, que derivan, como no, de las correspondientes siglas en ingles. En algunos casos estas siglas están precedidas por la letra K de "knots - nudos", como por ejemplo KIAS para la velocidad IAS.

Velocidad Indicada - IAS (Indicated Airspeed): Es la velocidad leída directamente del anemómetro. Las velocidades de despegue, ascenso, aproximación y aterrizaje se basan en la IAS. La velocidad indicada disminuye con la altura, debido a que al disminuir la densidad del aire con la altitud el número de partículas que impactan en el tubo pitot es menor, efecto que es más apreciable en aviones que operan a grandes altitudes.

Velocidad Calibrada - CAS (Calibrated Airspeed): Es la IAS corregida por el error de instalación. Puede haber un pequeño error en la tara o calibración del aparato en fábrica o en la instalación del anemómetro. Este error no es mayor de 1 o 2 nudos, y el piloto no comete un gran error considerando la CAS igual a la IAS. De hecho, los manuales suelen asumir que este error es cero y por tanto IAS y CAS son iguales.

Velocidad Verdadera - TAS (True Airspeed): Es la velocidad corregida por el error de densidad. El sistema está construido teniendo en cuenta la densidad estándar del aire al nivel del mar. Pero volando a una altitud distinta, la densidad también es distinta y por tanto la medición ya no es tan precisa. Se puede calcular la TAS a partir de un computador de vuelo, aunque algunos anemómetros llevan incorporada un pequeño calculador que indica en una ventanilla esta velocidad. En la fig.2.5.1, se muestra en la parte superior del instrumento una ventanilla en la cual aparece un dial movible sobre una pequeña escala de temperaturas. Moviendo el dial con el botón giratorio hasta que queden enfrentadas la altitud con la temperatura exterior, se muestra la TAS en la ventanilla de la parte inferior del instrumento. Una regla para computar la TAS aproximadamente consiste en añadirle a la velocidad indicada un 2% de esta velocidad por cada 1000 pies de altura. Por ejemplo: con una velocidad IAS de 80 nudos a 4000 pies calcularíamos una TAS de 86.4 nudos (80 + (2*4)% de 80).

2.5.5 Códigos de colores.

Para recibir la certificación de la F.A.A. los aviones fabricados a partir de 1945 que tengan un peso de hasta 12500 lbs. (5670 kg), deben contar con un anemómetro conforme con un sistema de marcas de colores estándar. Este sistema de marcas de colores permite al piloto determinar a simple vista ciertas limitaciones de velocidad que son importantes para manejar el avión con seguridad. Las marcas de colores y su traducción a velocidades IAS son las siguientes:

Arco verde - Velocidades de operación normal del avión. El extremo inferior de este arco corresponde a la velocidad de pérdida con el avión limpio, peso máximo y sin motor (*Vs1*). El extremo superior marca el límite de la velocidad normal de operación (*Vno*). En este rango de velocidades el avión no tendrá problemas estructurales en caso de turbulencias moderadas.

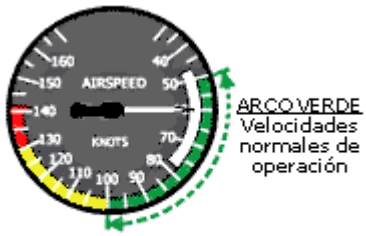

Fig.2.5.3 - Arco verde anemómetro.

Arco blanco - Velocidades de operación con flaps extendidos, o velocidades a las cuales se pueden extender los flaps sin sufrir daños estructurales. El extremo inferior de este arco corresponde a la velocidad de pérdida con los flaps extendidos, peso máximo y sin motor (*Vs0*). El extremo superior indica la velocidad límite de extensión de los flaps (*Vfe*). Los flaps deben deflectarse **únicamente** en el rango de velocidades del arco blanco.

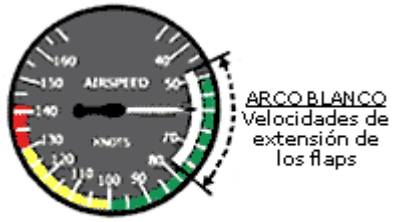

Fig.2.5.4 - Arco blanco anemómetro.

Arco amarillo - Margen de precaución. A estas velocidades solo se puede volar en aire no turbulento y aún así no deben realizarse maniobras bruscas que podrían dañar el avión.

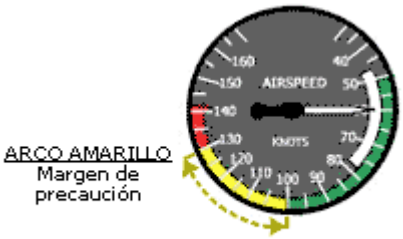

Fig.2.5.5 - Arco amarillo anemómetro.

Arco rojo - Velocidad máxima de vuelo del avión en aire no turbulento (*Vne*). Esta velocidad no debe ser nunca rebasada por el avión ni siquiera en aire sin turbulencias so pena de producirle daños estructurales.

Fig.2.5.6 - Arco rojo anemómetro.

Las limitaciones de velocidad en los arcos amarillo y rojo se deben al factor de carga, cuyo valor varía en proporción a la velocidad del avión. A velocidades moderadas, la fuerza de sustentación máxima es solo ligeramente mayor que la necesaria para soportar el peso del aeroplano. En este caso, el factor de carga no puede hacerse excesivo, incluso si el avión encuentra ráfagas de intensidad severa o se mueven bruscamente los controles, porque el avión entrará en pérdida antes de que esto suceda.
Pero a altas velocidades, la capacidad de sustentación del ala es tan grande que un súbito movimiento de los controles o una ráfaga fuerte puede incrementar el factor de carga más allá de los límites soportados y hacernos perder o dañar un ala. Recordemos que es preferible una situación de pérdida, que es recuperable, que sin un ala que es irrecuperable. Esta relación entre velocidad y seguridad es la causa de las limitaciones marcadas por los arcos amarillo y rojo del indicador de velocidad.

Notas:

En el capítulo 1.7 se afirma que la mayoría de los números críticos de un avión están *relacionados* con el ángulo de ataque, y que la mejor información sobre el ángulo de ataque nos la da el anemómetro. Esto podría dar lugar a pensar en el anemómetro como el sustituto de un indicador de ángulo de ataque inexistente.
Por otro lado, a primera vista puede parecer que el anemómetro es un instrumento "incompleto": para conocer el ángulo de ataque sería preferible un instrumento específico, además de que no informa directamente de la velocidad respecto al suelo. Veamos algunas razones de porqué este instrumento mide la velocidad relativa y no otra cosa.

Como vimos en 1.7.4, la presión que mueve la aguja del indicador es la misma presión aerodinámica que mantiene las alas, según la fórmula de la sustentación. Por su construcción, cualquier variación de esta presión aerodinámica debida a la densidad o la fuerza del viento se reflejará automáticamente en este instrumento. El indicador de velocidad nos hace por tanto un favor al medir la velocidad relativa y no la velocidad per se, pues nos permite realizar la misma maniobra (p.ejemplo despegar) con una velocidad de anemómetro específica con independencia de la densidad del aire, fuerza del viento, etc... Conocer la presión que mantiene al avión en el aire (en forma de velocidad) es más importante que conocer la velocidad del avión respecto al suelo.

Imaginemos por un momento que este instrumento midiera la velocidad respecto al suelo. Para lograr una velocidad aerodinámica que sustente al avión, tendríamos que conocer y calcular en cada momento la densidad del aire y la fuerza del viento, y esperar que de un minuto al siguiente no cambie la fuerza de este viento y recalcular. Parece mucho más complicado y arriesgado que seguir la velocidad del anemómetro ¿no?.

Sumario.

- El anemómetro indica la velocidad relativa del avión con respecto al aire en que se mueve.
- El anemómetro es un medidor que transforma la presión diferencial en unidades de velocidad.

- Para su medición necesita de la presión de impacto del tubo de pitot y de la presión estática.
- La diferencia entre ambas presiones hace que la cápsula aneroide del aparato se dilate o contraiga, movimiento que se transmite por medio de varillas y engranajes a la aguja indicadora.
- El frontal visible consta de una esfera con una escala numerada, la aguja indicadora, y alrededor de la escala numerada unas franjas de colores.
- Algunos tienen además unas ventanillas graduadas y un botón giratorio de ajuste para computar la TAS.
- La velocidad indicada por el anemómetro se relaciona solo indirectamente con la velocidad del avión respecto al suelo.
- Las velocidades de maniobra se refieren a velocidades leídas en el anemómetro**.**
- Las velocidades de operación normal del avión son las comprendidas en el arco verde.
- El arco blanco es el rango de velocidades de operación con flaps.
- El arco amarillo indica precaución; volar en este rango únicamente si no hay turbulencias en el aire.
- La velocidad del arco rojo no debe ser nunca rebasada por el avión so pena de producirle daños estructurales.

© M.A.Muñoz Oct/2000